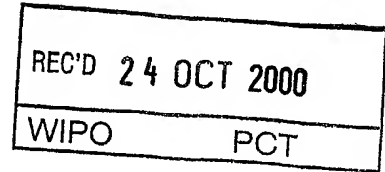


PCT/DK 00/00558

RO/DK - 5 OCT 2000

DK 00 / 00558



4

Kongeriget Danmark

Patentansøgning nr.: PA 1999 01436

Indleveringsdag: 07 oktober 1999

Ansøger: Vestas Wind System A/S
Smed Sørensensvej 5
DK-6959 Ringkøbing

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Herved bekræftes følgende oplysninger:

Vedhæftede fotokopier er sande kopier af følgende dokumenter:

- Beskrivelse, krav, sammendrag og tegninger indleveret på ovennævnte indleveringsdag.



Patent- og
Varemærkestyrelsen
Erhvervsministeriet

Taastrup 07 september 2000

Lizzi Vester
afdelingsleder

Chas. Hude

Patenter · Varemærker · Mø

71589

Si/Ben

P. ans. nr.

Modtaget PD

07 OKT. 1999

Vestas Wind Systems A/S

Smed Sørensensvej 5

6950 Ringkøbing

Vindenergianlæg.

PATENTER

Tage Nørgaard ° °
Ulrik Nørgaard ° °
Ole Thierry ° °
Hans P. Mav. ° °
Jørgen Silger ° °
Henrik Zeuthen - Aagaard ° °
Ulla C. Klinge ° °
Peter Kim Jensen ° °
Erik Lichtenberg ° °
Bent Christensen ° °
Henrik Dylmer
Peter Englev ° °
Lise Tølbøll
Susanne Nord sekretariat
Kirsten M. Jensen årsafgifter
UNDERSØGELSER
Åse Damm

VAREMÆRKER

OG MØNSTRE
Kaj L. Henriksen ° °
Henrik Jespersen ° °
Claus Hyllinge ° °
Birgitte Waagepetersen ° °
Christian Kragelund
Peter Larsen ° °
Inge Petersen fornyelser
Sonja Nielsen overdragelser

ØKONOMI/EDB

Steffen Hussing

° Medlem af De Danske
Patentagenters Forening
° European Patent Attorney
° European Trade Mark
Attorney

Chas. Hude A/S
H.C. Andersens Boulevard 33
DK-1553 København V

Telefon
(+ 45) 33 15 45 14
E-mail
chashude@chashude.dk

Telefax
(+ 45) 33 15 45 35 (Pat.)
(+ 45) 33 15 51 08 (Vm.)
Internet: www.chashude.dk

Telex
19 538 hude dk

Girobank: 500-0599
Bank: Unibank 5501-5010120700
SE/MOMS: DK 12938179
A/S reg.nr. 179.446 °

Opfindelsen angår et vindenergianlæg, hvor drivakslen via et evt. gear står i forbindelse med en synkrogenerator og en evt. transformer, der via en AC/DC-ensretter står i forbindelse med et HVDC-transmissionskabel.

- 5 Ved anvendelse af et DC-transmissionskabel behøver man ikke tage hensyn til den af kablet forårsagede kapacitive belastning. Dertil kommer, at HVDC-transmissionskabler vil kunne gøres længere end AC-transmissionskabler, der ikke må overskride en såkaldt "kritisk længde".

- 10 Fra WO97/45908 kendes et vindmølle anlæg, hvor den enkelte vindmølle er udstyret med en synkrogenerator. Udgangseffekten af synkrogeneratoren ensrettes ved hjælp af en AC/DC ensretter og føres gennem et DC-transmissionskabel til en DC/AC vekselretter og en transformer for tilførsel til det offentlige el-net. Der er indrettet midler til effektregulering. En ulempe ved dette kendte anlæg er at det ikke i tilstrækkelig grad kan kompensere for pludselige kraftige vindstød og ikke er udstyret med HVDC udgang ved hjælp af en transformer med flere udgangsviklinger.

- 15 Formålet med opfindelsen er at tilvejebringe et vindmølle anlæg, hvor den enkelte vindmølle i højere grad vil kunne optage pludselige vindstød.

- 20 Et vindmølle anlæg af den indledningsvis nævnte art er ifølge opfindelsen ejendommelig ved, at det har en til synkrogeneratoren sluttet magnetfeltkontroller til i afhængighed af en udgangsparameter af synkrogeneratoren at variere magnetfeltet i generatoren således, at der kompenseres for, at omløbstallet evt. varierer.

Fremdeles kan ifølge opfindelsen magnetfeltkontrolleren være indrettet til at afføle den af synkrogeneratoren afgivne strøm, idet der ved hjælp af magnetfeltskontrolleren etableres en negativ tilbagekobling til regulering af strømmen gennem rotorviklingen.

Desuden kan ifølge opfindelsen magnetfeltkontrolleren være indrettet til at afføle den af synkrongeneratoren afgivne spænding, idet der ved hjælp af magnetfeltkontrolleren etableres en negativ tilbagekobling.

Desuden kan ifølge opfindelsen magnetfeltkontrolleren være indrettet til at afføle den af synkrongeneratoren afgivne effekt, idet der ved hjælp af magnetfeltkontrolleren etableres en negativ tilbagekobling.

Endvidere kan ifølge opfindelsen den negative tilbagekobling indeholde en P, I eller D regulering, evt. en kombination af disse reguleringer.

Desuden kan ifølge opfindelsen rotoren af synkrongeneratoren være dimensioneret således, at den har en forholdsvis lille induktans. Derved kan magnetfeltkontrollerens tidskonstant reduceres.

Endvidere kan ifølge opfindelsen rotoren være indrettet til at rotere med et forholdsvis højt omløbstal, idet det derved bliver muligt at reducere roterens induktans yderligere.

Hvis generatoren desuden er mangepolet, er det muligt at reducere roterens induktans yderligere.

Opfindelsen skal nærmere forklares i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et vindenergianlæg ifølge opfindelsen, omfattende en synkrongenerator og en AC/DC ensretter,

fig. 2 en magnetfeltkontroller til den i fig. 1 viste synkrongenerator,

fig. 3 en til synkrongeneratoren sluttet transformator,

fig. 4 en illustration af hele anlægget, hvor AC/DC ensretteren er vist mere detaljeret, og

fig. 5 en illustration af spændingen som funktion af omløbstallet ved forskellige magnetiseringsstrømme til synkrongeneratoren.

- 5 Det i fig. 1 viste vindenergianlæg omfatter et antal møllevinger 1 fastgjort til et nav, der står i forbindelse med en synkrongenerator 3, evt. via et gear 2. Synkrongeneratoren 3 er fortrinsvis en konventionel trefaset synkrongenerator med en slæberingsløs energitilførsel til rotorviklingen. Trefaseudgangen af synkrongeneratoren 3 står via en eventuel trefasetransformer 5 i forbindelse med en AC/DC ensretter 7, som afgiver DC spænding
- 10 til et DC-transmissionskabel 9. Højspændingsensretteren 7 består i sin simpleste udførelse af almindelige dioder, som er koblet i serie. Seriekoblingen af dioderne sker ved hjælp af flere udgangsviklinger på udgangen af transformeren 5. På denne måde reducerer man spændingen til alle dioder, og man reducerer de harmoniske strømme i generator/transformer. Trefasetransformeren 5 kan være udformet som angivet i fig. 3,
- 15 idet primærsiden, der er sluttet til generatorudgangen, udgøres af en stjernekobling, medens sekundærsiden, der er sluttet til AC/DC ensretteren 7, kan udgøres af et trekantkobling og to kombinerede trekant-stjernekoblinger. De af transformeren 5 sekundærside afgivne spændinger føres til en AC/DC ensretter 7 i form af en såkaldt B6 diodebro, som vist i fig. 4, der består af i alt atten ensretterelementer, seks på hver sekundærvik-
- 20 ling, idet hver af de tre faseledere fra hver sekundærvikling er sluttet til forbindelsespunktet af to ensretterelementer, der vender samme vej, idet de tre par af ensretterelementer er koblet i parallel. Parallelkoblingen af ensretterelementer, hørende til hver af de tre sekundærviklinger er derefter koblet i serie, hvorved der fra den samlede kobling af ensretterelementer afgives en HVDC-spænding til et HVDC-transmissionskabel 9.
- 25 Dette kabel 9 kan have en længde på flere km, eksempelvis 10 km. Fordelen ved anvendelse af sådant DC-kabel 9 frem for et AC-kabel er, at længden er vilkårlig og kan være næsten ubegrænset. Der er således ikke tale om en kritisk længde, ligesom i forbindelse med et AC-kabel. Enden af DC-kablet 9 kan være sluttet til en konventionel DC/AC

vekselretter, der omsætter til netfrekvens, og via en eventuel trefasetransformer er sluttet til elnettet. Der er selvsagt truffet forholdsregler til at sikre, at den af DC/AC vekslerteren 7 afgivne vekselspænding er i fase med elnettet.

Man er selvsagt interesseret i at kunne drive vindkraftanlægget med en rotationshastighed, der afhænger af vindhastigheden. En forøgelse i rotationshastigheden vil imidlertid medføre, at der genereres en højere spænding, idet spændingen er proportional med omløbstallet, jf. kurverne i fig. 5. Udgangsspændingen er imidlertid også proportional med magnetfeltet i generatoren 3. Dette kan udnyttes til at stabilisere spændingen i tilfælde af, at omløbstallet ændres. Dette er ifølge opfindelsen opnået ved hjælp af en magnetfeltkontroller 4, der afføler en udgangsparameter af generatoren 3, eksempelvis strøm og spænding eller produktet heraf, og regulerer strømtilførslen til rotorviklingerne i generatoren i afhængighed heraf, idet der etableres en negativ tilbagekobling, således at, hvis den afgivne effekt øges, så vil strømtilførslen til rotorviklingen 3a blive reduceret, således at systemet af sig selv vil søge mod ligevægt. Hvis f.eks. omløbstallet øges til 130 % i forhold til et normalt omløbstal, vil magnetiseringsstrømmen til rotorviklingen 3a således blive reduceret til 80 % - se fig. 5. Hvis omvendt rotationshastigheden aftager til 80 % af normalomløbstallet, vil magnetiseringsstrømmen til rotorviklingen 3a blive øget til 130 %.

Fig. 2 viser den mere detaljerede udformning af magnetfeltkontrolleren 4. For to af generatorens tre faser afføles hhv. strømme IG_1 , IG_2 og spændinger UG_1 , UG_2 . Disse parameterverdier multipliceres parvis til opnåelse af et udtryk for udgangseffekten P_{gen} . Denne udgangseffekt P_{gen} sammenlignes med en referenceværdi P_{ref} , og forskellen herimellem (fejlsignalet) føres til en reguleringsenhed 11, der i afhængighed af fejlsignalet genererer en værdi for magnetiseringsstrømmen I_m , der skal tilføres til rotorviklingen, eventuelt via en PWM 12 (Puls Width Modulator) og en strømforstærkende effekttransistor 13, der styrer strømtilførslen til rotorviklingen. Den negative tilbagekobling etableres ved, at den affølte effekt P_{gen} fratrækkes referenceeffekten P_{ref} . En større affølt

effekt P_{gen} giver derved anledning til, at fejlsignalet bliver mindre, hvorved også den til rotorviklingerne tilførte strøm bliver mindre.

Effekten til generatorens 3 magnetisering er typisk på af størrelsesordenen 1% af den nominelle effekt af generatoren.

- 5 En del af magnetiseringen kan evt. tilvejebringes ved hjælp af permanente magneter, idet en elektrisk magnetisering så anvendes til styring af hastighedsområdet. Hastighedsområdet er nedadtil begrænset af en maksimal magnetiseringsstrøm på grund af rotorviklingernes begrænsede termiske egenskaber og den magnetiske udførelse af generatoren (magnetisk mætning). For at forøge hastighedsområdet i nedadgående retning, kan det
- 10 derfor være fordelagtigt, at enten generatoren har en yderligere udgang med en højere nominel udgangsspænding, eller at transformeren har en indgang med en lavere nominel spænding. Disse yderligere indgange skal kun dimensioneres til små effekter, da vindenergien er lav ved lave omløbstal.

- I en særlig hensigtsmæssig udførelsesform indeholder vindmøllen en transformer med
- 15 n udgangsviklinger koblet i serie med n ensrettere til opnåelse af en HVDC. Udgangsviklingerne kan være koblet i stjerne eller trekant eller i en kombination heraf for at opnå en sinusformet indgangsstrøm.

P A T E N T K R A V

1. Vindenergianlæg, hvor drivakslen via et evt. gear (2) står i forbindelse med en synkron-generator (3) og en evt. transformer med n udgangsviklinger, der via en AC/DC-ensretter står i forbindelse med et HVDC-transmissionskabel, k e n d e t e g n e t ved en til generatoren (3) sluttet magnetfeltkontroller (4) til i afhængighed af en hastighedsafhængig udgangsparameter af generatoren (3) at variere magnetfeltet i synkrongeneratoren (3) således, at der kompenseres for eventuelle variationer i rotationshastigheden.
2. Vindenergianlæg ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at magnetfeltkontrolleren (4) er indrettet til at afføle de af synkrongeneratoren (3) afgivne strømme (IG1, IG2), idet der etableres en negativ tilbagekobling til regulering af strømmen igennem rotorviklingen (3a).
3. Vindenergianlæg ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at magnetfeltkontrolleren er indrettet til at afføle de af synkrongeneratoren (3) afgivne spændinger (IG1, IG2), idet der etableres en negativ tilbagekobling til regulering af strømmen igennem rotorviklingen (3a).
4. Vindenergianlæg ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at magnetfeltkontrolleren er indrettet til at afføle den af synkrongeneratoren (3) afgivne effekt, idet der etableres en negativ tilbagekobling til regulering af strømmen igennem rotorviklingen (3a).
5. Vindenergianlæg ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at den negative tilbagekobling til regulering af strømmen igennem rotorviklingerne (3a) indeholder en P, I, eller D regulering eller en kombination deraf.
6. Vindenergianlæg ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at rotorviklingen er dimensioneret således, at de har en forholdsvis lille induktans.

7. Vindenergianlæg ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at rotoren er indrettet til at rotere ved et forholdsvis højt omløbstal, hvorved induktansen vil kunne reduceres yderligere.

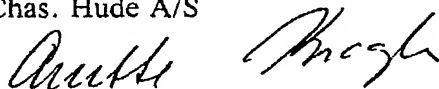
8. Vindenergianlæg ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved,
5 at synkrogeneratoren (3) kan være mangepolet.

9. Vindenergianlæg ifølge et eller flere af de foregående krav, hvor vindmøllen indeholder en transformer med n udgangsviklinger, koblet i serie med n ensrettere til opnåelse af en HVDC.

for Vestas Wind Systems A/S

10

Chas. Hude A/S



SAMMENDRAG

Vindenergianlæg, hvor drivakslen evt. via et gear 2 står i forbindelse med en synkrongenerator 3 og en evt. transformer, der via en AC/DC vekselretter 7 står i forbindelse med et HVDC-transmissionskabel 9. Til synkrongeneratoren 3 er der sluttet en magnetfelt-

- 5 kontroller 4 til i afhængighed af en udgangsparameter, såsom den afgivne effekt af synkrongeneratoren 3, at variere magnetfeltet i generatoren 3 i afhængighed af udgangsparameteren. Derved kan der kompenseres for en evt. variation af udgangsparameteren, således at denne stabiliseres. Derved kan der kompenseres for at omløbstallet varierer.

10 Fig. 4

Modtaget PD
07 OKT. 1999

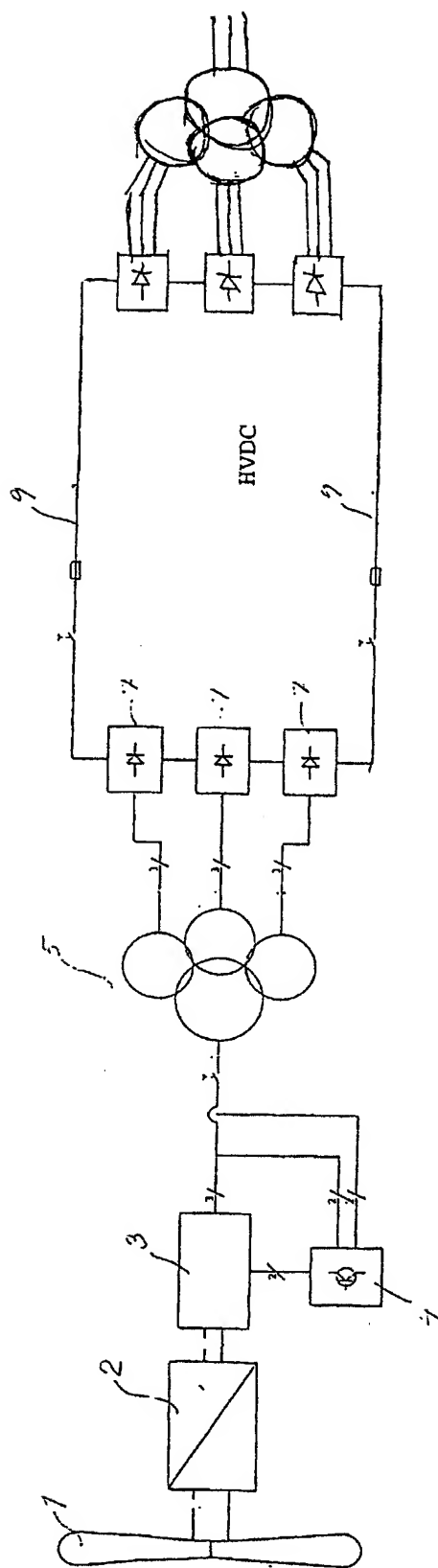


Fig 1

07 OKT. 1999

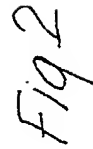
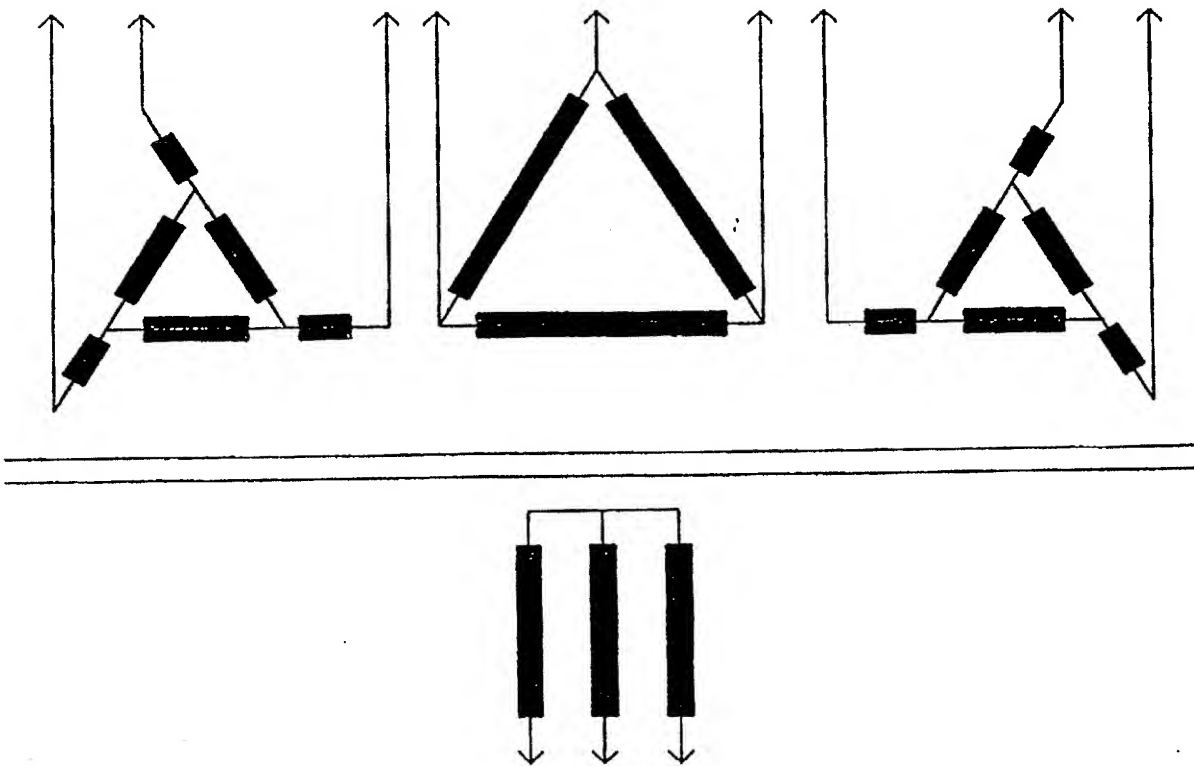
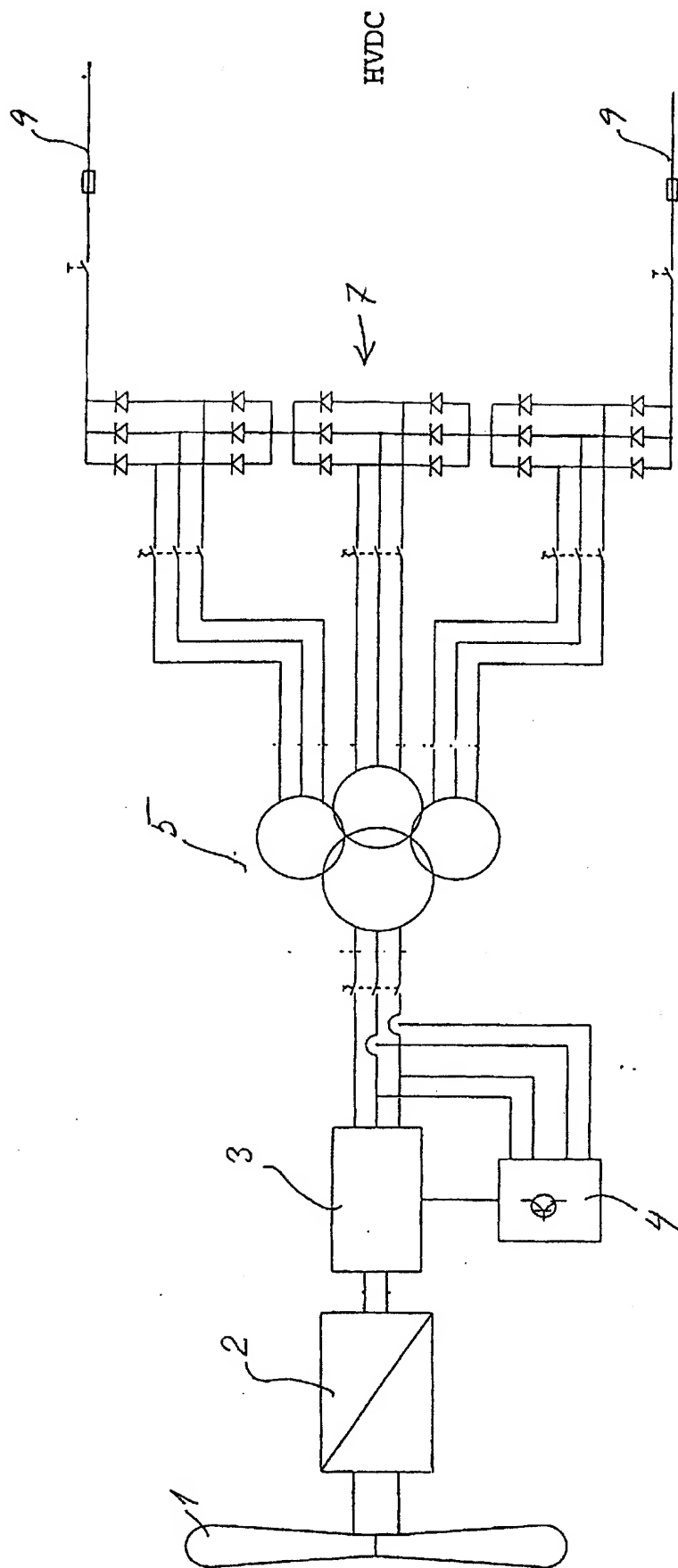


Fig 2

McLagget PD
07 OKT. 1999

Fig 3





Modtaget PD
07 OKT. 1999

Fig 4

Modtaget PD
07 OKT. 1999

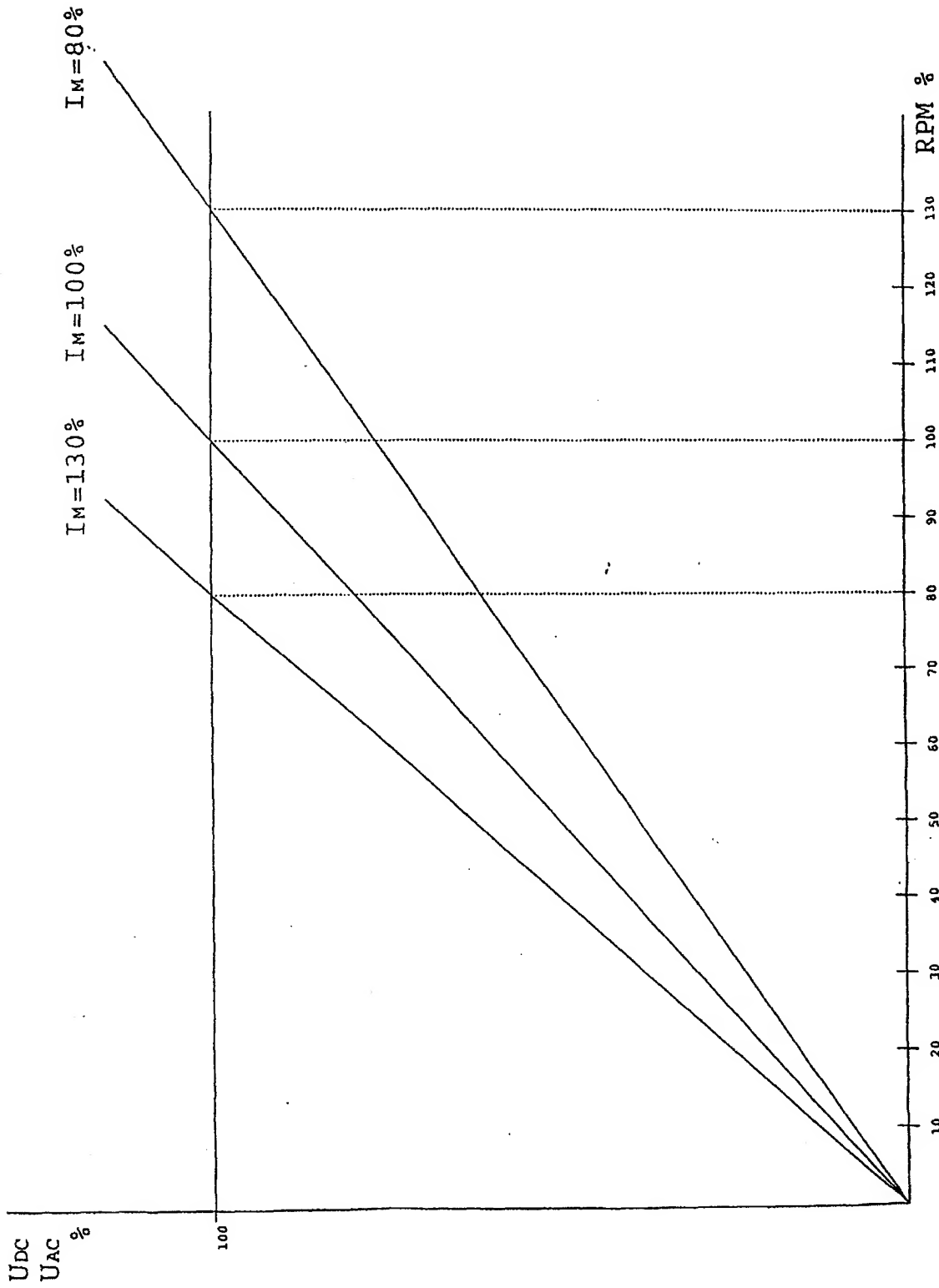


Fig 5